Estudios originales y rigurosos de interés general que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

Análisis de actividades y preguntas propuestas sobre el tema de la estructura de la materia en textos universitarios de Química General

Manuel Malaver, [1] *Rafael Pujol* [1] *y Antonio D'Alessandro Martinez* [2]

Abstract (*Analysis of the activities and questions of a thematic structure of matter in general chemistry university textbooks*)
Activities and questions proposed in General Chemistry textbooks commonly used in Venezuela's initial university courses related with the chapters of "structure of matter" are studied. It is found a high percentage of low-level cognitive questions, defined as those where the student memorize information or simply apply simple mathematical equations.

Introducción

El libro de texto es considerado como una herramienta indispensable y de uso generalizado en las clases de ciencias (Otero, 1990). Aun cuando se utilicen apuntes hechos por los propios docentes y se diseñen otros instrumentos de enseñanza y aprendizaje, el docente siempre se preocupa de proporcionarle al estudiante una bibliografía recomendable, con la que se determina el nivel del curso y la clase de problemas y actividades que han de emplearse para enseñar y evaluar el aprendizaje (Goncari y Giorgi, 2000).

A pesar de que en el proceso de enseñanza-aprendizaje se recomienda utilizar una gran variedad de recursos didácticos, tanto en bachillerato como en la universidad los libros de texto marcan la pauta a seguir en las actividades de enseñanza (Bullejos de la Higuera, 1983).

Hay diversas variables que influyen en el aprendizaje a partir de los textos. Una de ellas se relaciona con el contenido del texto y su organización. Los autores de libros de texto organizan los contenidos de tal forma que antes de presentar información nueva (una ley, por ejemplo) es necesario que se hayan introducido los conceptos que intervienen en ella. Además, lo que aprende un alumno de un texto depende del conocimiento previo que posea (Otero, 1997).

Es importante resaltar el papel de las actividades y preguntas propuestas en los libros de texto. Las preguntas y actividades pueden colocar a los estudiantes en la presencia de nuevas situaciones. Los estudiantes deben entonces definir un problema, identificar el contenido necesario para su solución y aplicar los principios y conceptos estudiados en el texto (Dreyfus, 1992).

Por otra parte, Anderson y Boticelli (1990) establecen que la comprensión de un texto escrito es un proceso dinámico que incluye la interacción entre el procesamiento de la información contenida en la memoria del sujeto y la composición y organización del material escrito. Ulerick (citado en Shepardson y Pizzini, 1991) concluye que las preguntas en los textos que exijan sólo el recuerdo de información generan un propósito de bajo nivel cognitivo, que impide que el estudiante haga conexiones entre el conocimiento previo y la información textual.

Pujol (1993) realizó un análisis de las preguntas en textos de Química de educación básica de noveno grado en Venezuela y encontró que la gran mayoría de los textos contienen un número excesivo de preguntas y actividades en donde sólo se le exige al estudiante el recuerdo y la memorización de la información sin entenderla, lo que conduce al alumno a no establecer conexiones entre los diferentes conceptos e ideas científicas.

Malaver *et al.* (2003) han examinado la frecuencia con la que aparecen las actividades y preguntas propuestas referidas al enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) en el contenido sobre la estructura de la materia de los textos universitarios de Química General, y concluyen que en la mayoría de los textos se hace muy poco énfasis en los contenidos referidos

[1] Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Departamento de Biología y Química, Caracas, Venezuela.
agujero1@hotmail.com, rpujolmich@hotmail.com
[2] Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Escuela Luis Razetti, Cátedra de Fisiología, Universidad Simón Bolivar. Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos
dalessaa@camelot.rect.ucv.ve
Recibido: 19 de noviembre de 2003; **aceptado:** 27 de enero de 2004.

al enfoque CTS, mostrando un bajo porcentaje de actividades y preguntas relacionadas con este enfoque, lo que indica la poca importancia que le otorgan los autores de los textos a los contenidos que impliquen el uso de conceptualizaciones científicas en alternativas de solución a problemas de las comunidades, así como el impacto que ello tiene en nuestros estilos de vida.

Goncari y Giorgi (2000) hicieron un estudio descriptivo de los problemas resueltos en textos de Física empleados en la enseñanza de los primeros cursos de la universidad y encuentran que en los problemas se muestra una visión muy alejada de lo que es el trabajo científico, por lo que advierten al docente sobre el tipo de estrategia que debe utilizarse en el proceso de enseñanza y de evaluación.

El objetivo del presente trabajo es analizar las actividades y preguntas propuestas en los capítulos referidos a la estructura de la materia en los libros de texto de Química General a nivel universitario. Se espera que los resultados de este estudio puedan utilizarse para reestructurar los tipos de preguntas y problemas propuestos en la temática de la estructura de la materia y diseñar nuevas estrategias instruccionales en el aula de clase, en las que el alumnado pueda plantear alternativas de solución a un problema determinado y aprenda a tomar decisiones.

Metodología

Este estudio se caracterizó por ser una investigación descriptivo-evaluativa, en el que se clasificaron las actividades y preguntas propuestas en los capítulos sobre la estructura de la materia teniendo como referencia los criterios utilizados por Shepardson y Pizzini (1991), Pujol (1993) y Malaver (2001) que se presentan a continuación:

1. Nivel I: Exige de parte del estudiante que recuerde información partiendo de datos asimilados.
2. Nivel II: El estudiante debe desarrollar actividades como secuenciar, comparar, contrastar, aplicar conceptos y leyes en la resolución de problemas.
3. Nivel III: Requiere que el estudiante utilice la información asimilada para plantear hipótesis, hacer inferencias, generalizar y evaluar.
4. Nivel IV: El estudiante puede utilizar información de otros capítulos y temas para la resolución de un problema específico. El contexto del problema contiene aspectos de otros capítulos que pueden exigir el uso de destrezas analíticas.

La muestra estuvo formada por 1,735 preguntas extraídas de cinco textos de Química General de mucho uso en los primeros cursos del ciclo básico dictados en universidades venezolanas. Los libros de texto seleccionados fueron los siguientes:

Brown, T.L., Le May, E., y Bursten, B. (2002). *Química: La ciencia central.* México, DF: Prentice-Hall, Hispanoamérica, SA.

Chang, R. (2003). *Química.* México, DF: Mc Graw-Hill Interamericana, SA.

Masterton, W., Slowinski, E., y Staniski, C. (1997). *Química General Superior.* México, DF: Mc Graw Hill Interamericana, SA.

Mahan, B., y Myers, R. (1998). *Química: Curso universitario.* México, D.F: Addison-Wesley Longman, SA.

Mortimer, (1983). *Química.* México, DF: Grupo Editorial Iberoamérica.

Se estableció la frecuencia con la que aparecen los cuatro niveles de preguntas en cada uno de los textos, lo que permitió determinar el nivel cognitivo de las preguntas y tener idea acerca del tipo de actividades a las que están expuestos los estudiantes al momento de comprender la información contenida en los textos.

En lo sucesivo, todas las referencias acerca de estos textos aparecerán de acuerdo a la denominación sugerida por Sanger y Greenbowe (1999), identificándolos con las iniciales de los autores. Siguiendo el orden anterior, los libros se identificaron como: BL, Ch, MSS, MM y M.

Presentación de resultados

En la tabla 1 se presenta la distribución por niveles de las actividades y preguntas propuestas en los capítulos referidos a la estructura de la materia de los textos analizados.

Se observa que en todos los textos estudiados el porcentaje de preguntas de nivel II supera al de los otros niveles de pregunta, ubicándose en todos los casos por encima del 45%. En los textos MM y M este porcentaje alcanza el 64.4% y 69.4%, respectivamente.

Dos textos, el Ch y el MSS, presentan un gran cantidad de preguntas, 38.7% y 38.8% respectivamente, que exigen que el estudiante sólo recuerde información (nivel I).

Con relación a las preguntas de Nivel III que requieren que el estudiante utilice la información

asimilada para platear hipótesis o hacer inferencias, la frecuencia alcanza sólo el 20.9 % en el texto MM. Para los otros textos el porcentaje se ubica por debajo del 20%.

En las preguntas del Nivel IV, que exigen que el estudiante utilice información de otros capítulos y temas para la resolución de un problema específico, la frecuencia no llega a alcanzar ni siquiera el 10% en ninguno de los textos analizados. El nivel más alto lo alcanza el libro BL con 6.9%, mientras que en el texto M no aparecen preguntas de este nivel.

En la figura 1 se observa que en los textos analizados predominan las preguntas de Nivel II, en las que el estudiante debe desarrollar actividades como secuenciar, contrastar, comparar y que la frecuencia de aparición de las preguntas de Nivel III y IV es bastante bajo.

Tabla 1. Distribución por niveles de las actividades y preguntas propuestas al estudiante en los capítulos referidos a la estructura de la materia de los textos universitarios de Química General.

		NIVEL I		NIVEL II		NIVEL III		NIVEL IV	
Texto	**N_T**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
Ch	594	230	38.7	286	48.1	49	8.3	29	4.9
BL	450	120	26.7	229	50.9	70	15.6	31	6.9
MSS	312	121	38.8	144	46.2	40	12.8	7	2.2
MM	163	16	9.8	105	64.4	34	20.9	8	4.9
M	216	49	22.7	150	69.4	17	7.9	0	0.0
Total preguntas	1735	536	30.9	914	52.7	185	10.7	66	3.8

N_T = Total de preguntas en cada uno de los textos analizados.
N = Número de preguntas que presentan los diferentes niveles.

Análisis

En todos los textos analizados se observa un predominio de las actividades y preguntas propuestas de Nivel II, lo que significa que en los textos se le exige al estudiante que desarrolle actividades de comparación y de secuenciación en la resolución de problemas, por lo que el estudiante puede relacionar los diferentes conceptos y explicaciones contenidas en el capítulo. Algunos ejemplos de este tipo de preguntas que aparecen en los textos BL, Ch y MSS son las siguientes:

1) Dentro de una capa dada, compare las energías de las subcapas s, p, d y f de un átomo con muchos electrones. Compare las energías de los orbitales dentro de una subcapa dada (BL, p. 219);
2) Explique por qué la carga nuclear efectiva que experimenta un electrón 2s en el boro es mayor que la que experimenta un electrón 2p. (BL, p. 219);
3) ¿Cuál es la diferencia entre un átomo y una molécula? (Ch, p. 63);

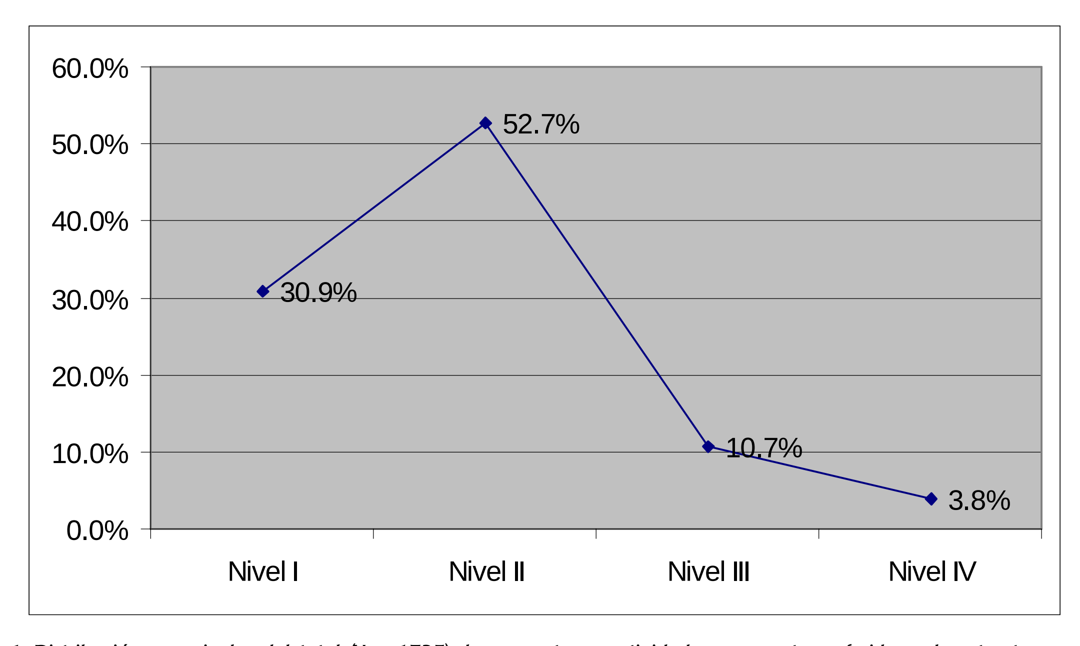


Figura 1. Distribución por niveles del total (N = 1735) de preguntas y actividades propuestas referidas a la estructura en textos universitarios de Química General analizados.

4) Explique cuál de los siguientes aniones es mayor y porqué: Se^{2-} ó Te^{2-}?(Ch, p. 324);
5) Acomode los siguientes iones en orden creciente de radio iónico: N^{3-}, Na^{+}, F^{-}, Mg^{2+}, O^{2-} (Ch, p. 324)
6) Compare las energías y frecuencias de dos fotones, uno con una longitud de onda corta y otro con una longitud de onda larga (MSS, p. 206);
7) Explique la diferencia entre el modelo atómico de Bohr y el modelo mecano-cuántico (MSS, p. 209).

Sin embargo, en los textos Ch y MSS se muestra que las preguntas de Nivel I alcanzan una frecuencia de casi 40%, indicando con ello que en estos libros, se le da gran importancia a preguntas que sólo le exijan al estudiante memorizar información y aplicación mecánica de fórmulas. Como ejemplos de este tipo de planteamientos tenemos:

1) ¿Cuál es el significado del término "partícula elemental" (Ch, p. 62);
2) Explique el significado del símbolo $4d^6$ (Ch, p. 285);
3) Explique el significado del efecto fotoeléctrico (Ch, p.283);
4) Calcule la energía de ionización (kJ/mol) del electrón, en el átomo de hidrógeno, en el primer estado excitado (n=2) (MSS, p. 207);
5) Los fotones de luz roja de un láser tienen una frecuencia de $4.51x10^{14}$/s. Para esta luz, ¿cuál es la longitud de onda y la energía del fotón? (MSS, p. 206);
6) Explique lo que significa el principio de exclusión de Pauli (MSS, p. 209).

Es interesante hacer referencia al hecho de que las preguntas de Nivel III, que requieren por parte del estudiante plantear hipótesis e inferencias con el fin de encontrar alternativas de solución a un problema específico, se plantean con poca frecuencia en los textos. En efecto, en los textos BL, Ch, MSS y M el porcentaje de preguntas de Nivel III no alcanza el 20%. Sólo en el texto MM la frecuencia es ligeramente mayor al 20%. Como se observa, son muy pocas las preguntas en las que el estudiante pueda desarrollar la creatividad, utilizar sus conocimientos de Química para plantear soluciones de observaciones experimentales o tomar decisiones en algunos temas específicos de investigación. Ejemplos de este tipo de preguntas son las siguientes:

1) Cuando son calentados a la llama algunos compuestos de cobre emiten luz verde. ¿Cómo sabrí que la luz es de una sola longitud de onda o de una mezcla de dos o más longitudes de onda? (Ch, p. 283);
2) Explique cómo los astrónomos son capaces de decir cuáles elementos están presentes en las estrellas distantes, analizando la radiación electromagnética emitida por las estrellas (Ch, p. 283);
3) Considérese la formación de la molécula iónica CaO. ¿A qué distancia se formará $Ca^{+}O^{-}$, y a cuál se formará $Ca^{2+}O^{2-}$? Supóngase que los átomos neutros de Ca y O no interactúan, y que la afinidad electrónica del O^{-} es exactamente cero. ¿ Qué conclusión se puede sacar de estas dos distancias? (MM, p. 549);
4) Utilícese el efecto pantalla y orbitales para explicar por qué el helio tiene una energía de ionización más alta que el hidrógeno, mientras que el litio tiene un valor inferior (MM, p. 505);
5) El circonio y el hafnio tienen virtualmente radios atómicos e iónico. ¿Por qué el átomo de hafnio no es más grande que el de circonio? (MM, p. 607).

Más escasas todavía son las preguntas de Nivel IV, en las que se le exige al estudiante que utilice información de otros capítulos y temas para la resolución de un problema específico. El texto Ch es el que presenta la mayor frecuencia de preguntas de Nivel IV, superando apenas el 5%. En el texto MM alcanza el 4.9%. Se presentan a continuación algunos ejemplos de preguntas de este nivel en los textos BL, Ch y MM:

1) Una forma de medir las energías de ionización es la espectroscopía de fotoelectrones (PES, por sus siglas en inglés), una técnica basada en el efecto fotoeléctrico. En PES, se hace incidir luz monocromática sobre una muestra, y la luz causa la expulsión de electrones. Se mide la energía cinética de los electrones expulsados. La diferencia entre la energía de los fotones y la energía cinética de los electrones corresponde a la energía requerida para eliminar los electrones, esto es, la energía de ionización. Supongamos que se realiza un experimento de PES en el que vapor de mercurio es irradiado con luz ultravioleta de longitud de onda 58.4 nm. (a) Calcule la energía de un fotón de esta luz, eneV. (b) Escriba una ecuación que muestre el proceso correspondiente a la energía de la primera ionización de Hg. (c) Se mide la energía cinética de los electrones expulsados, y resulta ser de 10.75 eV. Calcule la energía de la primera ionización en kj/mol. (d) Con referencia a la figura 7.7, determine cuál

de los elementos halógenos tiene su energía de primera ionización más cercana a la del mercurio (BL, p. 253);

2) Un compuesto formado por 2.1% de H, 29.8% de N y 68.1% de O tiene una masa molar de aproximadamente 50 g/mol. (a) ¿Qué fórmula molecular tiene el compuesto? (b) ¿Qué estructura de Lewis tiene el compuesto si H está unido a O? (c) Determine la geometría de la molécula. (d) ¿Cómo están hibridados los orbitales alrededor del átomo de N? (e) ¿Cuántos enlaces y hay en la molécula? (BL, p. 341);
3) Los lentes de ciertas gafas oscuras para el sol tienen pequeños cristales de cloruro de plata (AgCl) incorporados en los lentes. Al exponerse a la luz de longitud de onda adecuada, sucede la siguiente reacción: $AgCl \rightarrow Ag^{+} + Cl^{-}$. Los átomos de plata formados producen un color gris uniforme que atenúa los reflejos. Si el ΔH de la reacción es 284 kJ, calcule la máxima longitud de onda que puede inducir este proceso (Ch, p. 286);
4) Explíquese cómo puede determinarse experimentalmente la relación carga-masa para el ión Ag^{+} mediante la electrólisis de una solución (MM, p. 503).

En definitiva, se observa que los valores para las frecuencias de los diferentes tipos de actividades y preguntas indican que se le otorga poca importancia a las preguntas que le permitan al estudiante aplicar conceptos o tópicos en la resolución de problemas que contribuyan a desarrollar su espíritu crítico. Asimismo, aparecen muy pocas preguntas donde se muestre la aplicación de la Química a la experiencia cotidiana. Un ejemplo de este tipo de preguntas que aparece en los textos BL y Ch son las siguientes:

1) (a) ¿Qué significa decir que la energía esta cuantizada ? (b) ¿Por qué no percibimos la cuantización de la energía en nuestras actividades cotidianas? (BL, p. 217);
2) Dé dos ejemplos comunes que ilustren el concepto cuántico (Ch, p. 283).
3) Las tuberías de agua que están a la intemperie se tienen que drenar o aislar en invierno en los climas fríos. ¿Por qué? (Ch, p. 460).

Conclusiones y recomendaciones

En general, en los textos analizados se observa un porcentaje apreciable de preguntas que consiste básicamente en la aplicación de ecuaciones y fórmulas matemáticas. La gran mayoría de las preguntas contenidas en los textos requieren que el estudiante desarrolle actividades como comparar, contrastar y clasificar, con lo que se muestra un intento de los autores de evitar, por parte del estudiante, un aprendizaje basado en la memorización de información. Son muy escasas las preguntas donde se le exige al estudiante el desarrollo de la creatividad y el espíritu crítico (nivel III) en temas tan interesantes como la energía nuclear, superconductividad, fibra óptica, rayos X, medicina, etcétera, y mucho más escasas las preguntas de nivel IV en las que se requiere que el estudiante utilice la información de otros temas que no son necesariamente de la estructura de la materia para resolver un problema específico. Es recomendable incrementar el número de preguntas de nivel III y nivel IV donde se le exija al estudiante el uso de sus habilidades numéricas y sus conocimientos químicos en la reflexión y toma de decisiones en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología. Ejemplos de preguntas de nivel III extraídas de Ebbing (1997) y Malaver (2001), respectivamente, pueden ser las siguientes:

1) Los clorofluoralcanos (CFCs), por ejemplo CCl_2F_2, intervienen en la formación del agujero de ozono. El problema se desarrolla por la generación de átomos de cloro formados por interacción con luz ultravioleta en la estratosfera. Los átomos de cloro reaccionan con el ozono para formar oxígeno de acuerdo con la ecuación: $Cl + O_3 (g) \rightarrow ClO(g) + O_2(g)$. Dado que el ozono protege la superficie de la Tierra absorbiendo UV perjudicial, su pérdida en la atmósfera es de gran preocupación. Explique por qué se espera que los átomos de Cl sean reactivos y sugiera una sustitución para los CFCs como una alternativa para minimizar la pérdida de ozono en la atmósfera superior (p. 429);
2) En un láser de rubí, una lámpara de destello rodea una varilla de rubí. Una luz de 545 nm del destello bombea electrones del nivel 1 al nivel 3 y luego al nivel 2 metaestable, formando un pulso láser de una cierta longitud de onda. De acuerdo con los postulados de Bohr: (a) ¿De qué color espera usted que sea el rayo láser obtenido? (b) En una operación de cirugía ocular se requiere extirpar un tumor canceroso. Este tumor es capaz de absorber radiación de longitud de onda cercana a 700 nm. ¿Cree usted que el pulso láser antes descrito sea apropiado para esta intervención quirúrgica? (p. 138).

Ejemplos de preguntas de nivel IV, extraídas de Ebbing (1997) son las siguientes:

1) Sobre una superficie de metal se hace caer luz con una longitud de onda de 405 nm, y se expulsan electrones. Si la velocidad de un electrón expulsado es 3.36×10^5 m/s, ¿qué energía se gasto en remover el electrón del metal? E -prese la respuesta en joules por electrón y en kilojoules por mol de electrones (p. 303);
2) Un compuesto de estaño y cloro es un líquido incoloro. El vapor tiene una densidad de 7.49 g/L a 151°C y 1.00 atm. ¿Cuál es el peso molecular del compuesto? ¿Por qué piensa que el compuesto es molecular y no iónico? Escriba la fórmula de Lewis para la molécula (p. 386);
3) Un compuesto molecular está formado por 60% de Xe, 22.1% de O, y 17. 5% de F en masa. Si el peso molecular es 2173 uma, ¿cuál es la fórmula mo - lecular? ¿Cuál es la fórmula de Lewis? Prediga la geometría molecular utilizando el model o VSEPR. Describa las uniones por medio de la teoría enlace valencia (p. 429

Se sugiere disminuir el número de preguntas que demanden por parte del estudiante, sólo el recuerdo de información y la aplicación mecánica de fórmulas, como por ejemplo:

1) Escriba el diagrama orbital de a) Si, b) Mn, c) Al, d) Ne (MSS, p. 208);
2) Establezca la configuración electrónica externa de a) Ba, b) I, c) Pb, d) Bi (MSS, 237);
3) El ojo humano tiene su mayor sensibilidad a una longitud de onda de unos 50 nm. ¿Cuál es la frecuencia que corresponde a esta longitud de onda? (MM, p. 503).

Este tipo de preguntas conduce a que el estudiante reciba una informacíon fragmentada y memorística, lo que obliga al estudiante a memorizar información y a aplicar fórmulas y ecuaciones matemáticas, la mayoría de las veces sin entenderlas (Pujol, 1993 y Malaver, 2001).

Nótese que aunque en los textos predominan las actividades donde el alumno debe desarrollar actividades como secuenciar, comparar y contrastar, toda-vía la frecuencia con la que aparecen las preguntas que exigen sólo memorización de conceptos sigue siendo moderadamente alta. ◩

Bibliografía

Anderson, O.R. y Boticelli, S., Quantitative analysis of control organization in some Biology text varying in textual composition, *Science Education*, **74**[2], 167-172, 1990.

Bullejos de la Higuera, J., Análisis de actividades en textos de Física y Química de 2° de BUP, *Enseñanza de las Ciencias*, **1**[3], 147-157, 1983.

Dreyfus, A., Contest analysis of school textbooks. Th case of a technology-oriented curriculum, *International Journal of Science Education*, **14**[1], 3-12, 1992.

Ebbing, D., *Química General,* Mc Graw-Hill Interamericana, México, D.F, 1997.

Goncari, S.B. y Giorgi, S.M., Los problemas resueltos en textos universitarios de Física, *Enseñanza de las Ciencias*, **18**[3], 381-390, 2000.

Malaver, M., *Análisis del contenido referido a la estructura de la materia en libros de texto de Química básica a nivel universitario*, Tesis de maestría, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas, 2001.

Malaver, M., Pujol, R., y D'Alessandro Martinez, A., Análisis de los estilos de prosa, el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad e imagen de la ciencia en textos universitarios de Química General, *Educación Química*, **14**[4], 232-239, 2003.

Otero, J., Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión, *Enseñanza de las Ciencias*, **8**[1], 17-22, 199 .

Otero, J., El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico, *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **11**, 15-22, 1997.

Pujol, R., *Análisis del contenido, las ilustraciones y las actividades propuestas en la unidad referente a la estructura de la materia de los libros de texto en química para el noveno grado de educación básica*, Trabajo de ascenso no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas, 1993.

Sanger, M.J. y Greenbowe, T.J., An analysis of college chemistry textbooks and sources of misconceptions and errors in electrochemistry, *Journal of Chemical Education*, **78**[6], 853-860, 1999.

Shepardson, D.P. y Pizzini, E.L., Questioning levels of junior high school science textbook and their implications for learning textual information, *Science Education*, **75**[6], 673-682, 1991.